

MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

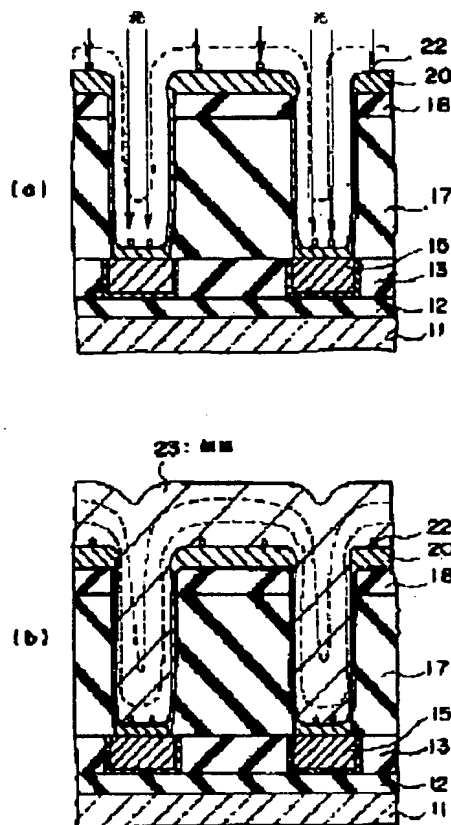
Patent number: JP2000091269
Publication date: 2000-03-31
Inventor: OOHIRA SEIICHIROU
Applicant: FUJITSU LTD
Classification:
- international: H01L21/285; H01L21/768
- european:
Application number: JP19980256729 19980910
Priority number(s):

Report a data error here

Abstract of JP2000091269

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent generation of voids in an aperture, obtaining excellent adherence of a metal film and a barrier metal film, and increasing controllability of the growth time of the metal film, by growing the metal film in the aperture by a vapor growth method after nucleuses of metal are grown in the bottom of the aperture and on insulating films by light irradiation.

SOLUTION: Metal nucleuses 22 are grown in the bottom part of an aperture and on insulating films 17, 18 in an atmosphere of metal seed source gas. After that, a metal film 23 is grown in the aperture by a vapor growth method. In the case that the diameter of the aperture is small and the depth of the bottom part is deep, the growth speed of the metal film 23 in the bottom part of the aperture in which the metal nucleuses 22 exist becomes high, the metal film 23 becomes thick, and the aspect ratio becomes small, so that voids are not generated in the metal film 23 in the aperture. Adherence of the metal film 23 and a barrier metal film under the metal film 23 is improved by the metal nucleuses 22. On account of existence of the metal nucleuses 22, growth of the metal film 23 becomes easy, and the metal film growth time can be shortened.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-91269
(P2000-91269A)

(43) 公開日 平成12年3月31日 (2000.3.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/285		H 0 1 L 21/285	C 4 M 1 0 4
21/768		21/90	A 5 F 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-256729

(22) 出願日 平成10年9月10日 (1998.9.10)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 大平 請一郎

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100091672

弁理士 岡本 啓三

最終頁に続く

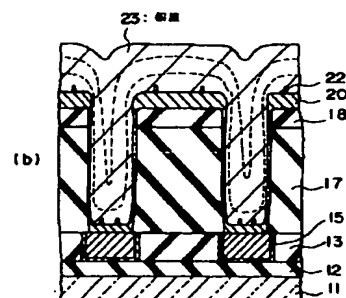
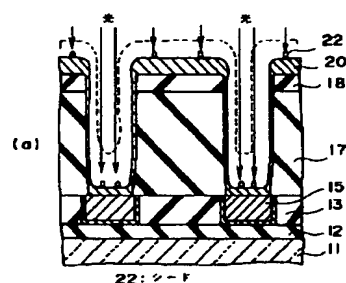
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 配線又はビアの材料として使用される銅などの導電膜を気相成長法により形成する工程を含む半導体装置の製造方法に関し、ホールや溝内で導電膜にボイドが発生することを防止し、導電膜とバリアメタル膜の密着性を向上するとともに、導電膜成長時間の制御を容易にすること。

【解決手段】 絶縁膜17、18に形成された開口19を金属種ソースガスの雰囲気中に曝しながら、その開口19の底と前記絶縁膜17、18の上に向けて光を照射することにより、開口19の底と絶縁膜17、18の上に金属核22を生成し、その後、気相成長法によって開口19内に金属膜23を成長する工程を含む。

本発明の第1実施形態を示す断面図 (その4)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】導電層又は半導体層の上に絶縁膜を形成する工程と、

底部で前記導電層又は前記半導体層を露出させる開口を前記絶縁膜に形成する工程と、

前記開口の底部も含め、前記絶縁膜を金属種ソースガスの雰囲気中に曝しながら、前記開口の底部と前記絶縁膜の上に向けて光を照射することにより、前記開口の底部と前記絶縁膜の上に金属核を生成する工程と、

気相成長法によって前記開口内に、前記金属核をなす元素と同一の元素からなる金属膜を成長する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】前記核を形成する前に、前記開口の内面にはバリアメタル膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】前記金属膜は前記金属種ソースガスを用いて形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】前記光を照射する際には前記絶縁膜を所定の温度に加熱し、

該温度と前記光の総エネルギーは、前記金属種ソースガスの活性化エネルギーに等しいことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】前記光の照射時間は、1 ピコ秒から 10 秒の範囲から選択されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】前記光は、進行方向の揃った単一周波数又は数種類の周波数であり、前記半導体基板の面に対して垂直方向であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】前記核は、1 ～ 10 原子層であるか島状に形成された膜であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】前記核の成長は、前記開口の内側をガスを用いてクリーニングした後に連続して形成されることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】前記ガスを用いるクリーニングは、前記開口の前記内側を $\text{Hf a c (Cu)} + \text{TMVS}$ に室温でさらし、又は、前記半導体基板にバイアス電極を印加しながら水素の高密度プラズマに前記開口の前記内側にさらし、又は、水素ダウンフロープラズマに前記開口の前記内側をさらすことによって行なわれることを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】前記絶縁膜は、誘電率が 1.1 ～ 3.5 の低誘電率材料により形成され、又は、誘電率が 8 ～ 600 の高誘電率材料により形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】前記核を構成する前記金属は、銅、窒化チタン、窒化タングステン、窒化タンタル、アルミニウ

ム、モリブデン、窒化モリブデンの何れかから構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】前記開口内に成長される前記金属膜は、銅、銅合金、窒化チタン、窒化タングステン、窒化タンタル、アルミニウム、モリブデン、窒化モリブデン、タンタル、ゲルマニウム、窒化ゲルマニウム、ルテニウム、窒化ルテニウムのいずれかであることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造方法に関し、より詳しくは、配線又はビアの材料として使用される銅などの導電膜を気相成長法により形成する工程を含む半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子の高集積化とチップサイズの縮小化にともない、配線の微細化及び多層配線化が加速的に進められている。こうした多層配線を有する素子においては、配線の抵抗、配線間容量がデバイス信号遅延の支配的な要因となる。デバイスの信号遅延は配線抵抗と配線間容量の積、和などに比例しており、配線遅延の改善のためには配線抵抗及び配線間容量の軽減が重要となってくる。

【0003】そこで、配線容量を低減し、電気抵抗を低減するために、アルミニウム配線の他に、低抵抗の銅配線などが用いられようとしている。多層配線形成技術においては、ドライエッチングによる銅のパターニングが困難であるために、今後ダマシンプロセスが多用されると考えられる。ダマシンプロセスは、絶縁膜に形成された配線用溝やビアホールの中に導電材を埋め込んだ後に、その絶縁膜の上に形成された導電材を研磨によって除去する工程を含むものである。例えば、導電材である銅を形成する方法として、従来ではスパッタ法、電解メッキ法が主流であったが、最近になって銅化合物ガスを用いる気相成長法の開発が進んでいる。

【0004】気相成長法によりビアを形成する場合に、例えば図 1 に示すような工程を経ることになる。まず、図 1 (a) に示すように、半導体基板 1 の上に第 1 の絶縁膜 2 を介して形成された第 2 の絶縁膜 3 中に第 1 の配線 4 を埋め込み、続いて、第 2 の絶縁膜 3 と第 1 の配線 4 の上に第 3 の絶縁膜 5 を形成した後に、第 3 の絶縁膜 5 にビアホール 5 a をフォトリソグラフィ法により形成する。ついで、図 1 (b) に示すように、第 3 の絶縁膜 5 の上面とビアホール 5 a の内面に沿ってバリアメタル膜 6 を形成し、続いてバリアメタル膜 6 の上に気相成長法により銅 7 を成長することにより、その銅 7 をビアホール 5 a の中に埋め込む。その後、図 1 (c) に示すように、第 3 の絶縁膜 5 の上にある銅 7 とバリアメタル膜 6 を研磨して除去し、ビアホール 5 a 内に残った銅 7

をビア8として使用する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、将来的に、ビアホール5aの径が例えば0.25 μ mと小さくなり且つアスペクト比が例えば6以上と大きくなると、バリアメタル膜6の上にそのまま銅7を成長しただけではビアの信頼性が十分に確保できなくなる。即ち、アスペクト比が大きなビアホール5aの底部では、CVDによる銅7の成長速度が遅いため、図2(a)に示すように、ビアホール5a内に埋め込まれた銅7内にはボイド9が発生して、ビア8の抵抗が大きくなったりコンタクト不良が発生してしまうおそれがある。

【0006】さらに、バリアメタル6と銅7の密着性が低下して、プロセスにおいて銅膜が剥がれ易くなる。しかも、従来技術によれば、図2(b)に示すように、銅7の成長に使用する反応ガスをビアホール5a内に供給してから成長が開始するまでの時間t₀、即ちインキュベーション時間t₀が存在するために、銅成長のプロセス管理がしにくく、しかも、インキュベーション時間はバリアメタル膜6の表面状態に依存するために再現性が乏しい。

【0007】本発明の目的は、ホールや溝内での導電膜にボイドが発生することを防止し、導電膜とバリアメタル膜の密着性を向上するとともに、導電膜成長時間の制御を容易にすることができる導電膜の埋め込み工程を有する半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記した課題は、図3～図6に例示するように、導電層15又は半導体層の上に絶縁膜17、18を形成する工程と、底部で前記導電層15又は前記半導体層を露出させる開口19を前記絶縁膜17、18に形成する工程と、前記開口19の底部も含め、前記絶縁膜17、18を金属種ソースガスの雰囲気中に曝しながら、前記開口19の底部と前記絶縁膜17、18の上に向けて光を照射することにより、前記開口19の底部と前記絶縁膜17、18の上に金属核22(20a)を生成する工程と、気相成長法によって前記開口19内に、前記金属核22(20a)をなす元素と同一の元素からなる金属膜23を成長する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法によって解決する。

【0009】上記した半導体装置の製造方法において、前記核22を形成する前に、前記開口19の内面にはバリアメタル膜20が形成されていることを特徴とする。上記した半導体装置の製造方法において、前記金属膜23は前記金属種ソースガスを用いて形成されることを特徴とする。上記した半導体装置の製造方法において、前記光を照射する際には前記絶縁膜を所定の温度に加熱し、該温度と前記光の総エネルギーは、前記金属種ソースガスの活性化エネルギーに等しいことを特徴とする。

【0010】上記した半導体装置の製造方法において、前記光の照射時間は、1ピコ秒から10秒の範囲から選択されることを特徴とする。上記した半導体装置の製造方法において、前記光は、進行方向の揃った単一周波数又は数種類の周波数であり、前記半導体基板11の面に対して垂直方向であることを特徴とする。

【0011】上記した半導体装置の製造方法において、前記核22は、1～10原子層であるか島状に形成された膜であることを特徴とする。上記した半導体装置の製造方法において、前記核22の成長は、前記開口19の内側をガスを用いてクリーニングした後に連続して形成されることを特徴とする。この場合、前記ガスをを用いるクリーニングは、前記開口の前記内側をHf a c (Cu) + TMVSに室温でさらし、又は、前記半導体基板にバイアス電極を印加しながら水素の高密度プラズマに前記開口の前記内側をさらし、又は、水素ダウンフロープラズマに前記開口の前記内側をさらすことによって行なわれるようにしてもよい。

【0012】上記した半導体装置の製造方法において、前記絶縁膜17、18は、誘電率が1.1～3.5の低誘電率材料により形成され、又は、誘電率が8～600の高誘電率材料により形成されることを特徴とする。上記した半導体装置の製造方法において、前記核2を構成する前記金属は、銅、窒化チタン、窒化タングステン、窒化タンタル、アルミニウム、モリブデン、窒化モリブデンの何れかから構成されることを特徴とする。

【0013】上記した半導体装置の製造方法において、前記開口内に成長される前記金属膜は、銅、銅合金、窒化チタン、窒化タングステン、窒化タンタル、アルミニウム、モリブデン、窒化モリブデン、タンタル、ゲルマニウム、窒化ゲルマニウム、ルテニウム、窒化ルテニウムのいずれかであることを特徴とする。なお、上記した図番、符号は発明の理解を容易にするために引用したもので、本発明はこれらの限定されるものではない。

【0014】次に、本発明の作用について説明する。本発明によれば、絶縁膜に形成された開口を金属種ソースガスの雰囲気中に曝しながら、開口の底部と前記絶縁膜の上に向けて光を照射することにより、開口の底部と絶縁膜の上に金属核を生成し、その後、気相成長法によって開口内に金属膜を成長するようにしている。また、光のみによって金属核成長が不十分な場合には、開口内を加熱して、その加熱温度と光の総エネルギーが開口の底部で金属種ソースガスの活性化エネルギーに等しくなるようにしている。

【0015】したがって、開口の径が小さく且つその底部が深い場合であっても、金属核が存在する開口の底部での金属膜の成長速度が従来よりも高くなり、その金属膜の成長の最中では、開口の底部での金属膜が厚くなって実質的な開口のアスペクト比が徐々に小さくなるので、開口内の金属膜にはボイドが発生しなくなる。ま

た、開口の底部と絶縁膜の上に形成される金属核によって金属膜とその下の膜との密着性が向上する。

【0016】さらに、金属核の存在によって金属膜が成長し易くなってインキュベーション時間を短くすることができ、これにより金属膜の成長プロセスの再現性が向上する。その開口内に金属を埋め込む前に、開口の内面と絶縁膜上にバリアメタルを形成することがあり、この場合には、開口の底部に存在するバリアメタルの上と絶縁膜上に存在するバリアメタルの上に金属核を成長させることになる。

【0017】バリアメタルを有機金属気相成長法により成長する場合には、その表面に有機汚染物が付着したり、その表面に凹凸が生じることがあるので、このような場合には、金属が成長しない程度の低い温度状態で開口内に金属種ソースガスを供給することによって、バリアメタル上の汚染物を低減したり、バリアメタルの表面の平坦性を向上することができる。

【0018】なお、金属核を成長するために用いる金属種ソースガスは、そのまま金属膜を成長するために使用することができるので、金属核の成長から金属膜の成長を同一場所で行なうことができ、作業性が大幅に低減することはない。

【0019】

【発明の実施の形態】そこで、以下に本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

（第1の実施の形態）図3～図7は、本発明の実施の形態を示すダマシン法によるビアの形成を示す断面図である。

【0020】まず、図3(a)に示すように、シリコン基板11上にSiO₂よりなる第一の絶縁膜12とSiO₂よりなる第二の絶縁膜13を形成した後に、第二の絶縁膜13にコンタクトホール13aを形成し、そのコンタクトホール13a内面に第一のバリアメタル膜14を形成する。さらに、コンタクトホール13a内に銅膜15を埋め込んで第一の配線を形成する。なお、第二の絶縁膜13の上面に成長した第一のバリアメタル膜14と銅膜15は、それぞれ研磨によって除去される。

【0021】続いて、第二の絶縁膜13と第一の配線の上に、SiOFよりなる第三の絶縁膜17と低誘電率有機材よりなる第四の絶縁膜18をそれぞれ500nm、800nmの厚さに順に形成する。低誘電率有機材として誘電率が1.1～3.5の範囲内であることが好ましく、例えばバリレン（Parylene: poly tetrafluoro-p-xylylene）、 α -C-F（アモルファスカーボンフロライド）等がある。

【0022】次に、第四の絶縁膜18の上にレジスト10を塗布し、これを露光、現像して第一の配線15の一部の上方に直径が約0.25 μ mの窓10aを形成する。続いて、図3(b)に示すように、レジスト10をマスクに使用して、と第三の絶縁膜17と第四の絶縁膜1

8をエッチングしてアスペクト比が6以上のビアホール19を形成する。

【0023】レジスト10を除去した後に、図4(a)に示すように、PVD法又はCVD法により第二のバリアメタル膜20をビアホール19の内面と第四の絶縁膜18の上面に沿って形成する。第二のバリアメタル膜20としては、CVD法、PVD法により形成した窒化タンタル、窒化タングステン（WN）或いは窒化チタン（TiN）を用いる。

10 【0024】第二のバリアメタル膜20の表面には汚染となる有機生成物21が付着するとともに、その表面には凹凸が存在し、これらは次に形成しようとする銅膜との密着性を低下させる原因となる。そこで、そのような有機生成物21を除去し、さらに凹凸を少なくするために、第二のバリアメタル膜20を25℃以上90℃以下の温度に設定し、さらに図4(b)に示すように、銅成長用ガス、例えばシューマッカー社製の商品名キューブラセレクト（Cupra Select）を気化して得られるHf a c Cu + TMVS（trimethylvinylsilane）からなる有機ガスに第二のバリアメタル膜20の表面をさらす。これにより、図5(a)に示すように、第二のバリアメタル膜20の表面は清浄化され、さらに平坦化される。

【0025】第二のバリアメタル膜20を銅成長用ガスに曝す処理は、シリコン基板11を気相成長用チャンバ（不図示）内に入れた状態で行なう。そして、その銅成長用ガスを気相成長チャンバからパージした後に、気相成長用チャンバ内を減圧し、さらにシリコン基板11を25℃～90℃の温度に加熱した後に、図5(b)に示すように、再びHf a c Cu + TMVSよりなる銅成長用液体を流量0.6ml/minで気化した後に気相成長用チャンバ（不図示）に導入する。

【0026】そのガスが気相成長用チャンバ内に定常的に流れるようになった状態で、図6(a)に示すように、ビアホール19の底と第四の絶縁膜18の上面に向けてコヒーレント光、例えば波長248nmのKrFレーザを約10nsec（ナノ秒）の時間で照射する。その光の照射方向は、基板面に対して略垂直方向である。その銅成長用ガスの、不均化（disproportionation）反応の活性化エネルギーは約0.68eVであるため、25℃～90℃の基板加熱だけでは反応が進まず、また、波長248nmの光だけでも反応は進まない。そして、加熱によるエネルギーと光によるエネルギーの両方が存在する領域のみで選択的に反応が進行する。

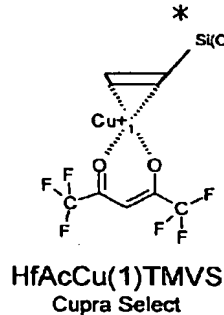
【0027】ただし、気相成長チャンバ内に置かれた基板温度と光照射エネルギーの総和が不均化反応の活性化エネルギーに等しい場合には、積極的にビアホール19内を加熱する必要はない。そのような反応は、主に、第二のバリアメタル膜20の表面のうち光が照射されるビアホール19の底の領域と光が照射される第四の絶縁膜

18の上方の領域で進み、それらの領域では選択的に核22が生成され、その核生成の量は光の照射時間によって制御でき、核22が最適な大きさになるためには、その光照射の時間は1ピコ秒から10秒の範囲にあることが好ましい。

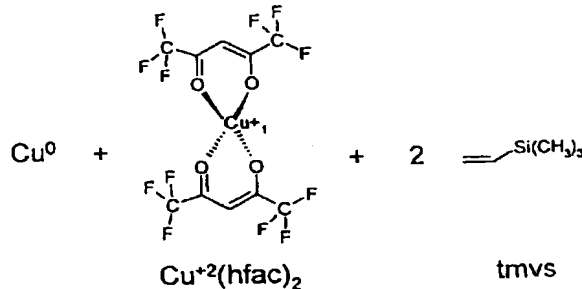
*【0028】その核22は、1～10原子層又は島状の膜として形成したものを含む概念である。なお、上記した銅の核成長の反応式は、次のように表される。

【0029】

【化1】



Activation
Energy on
Ta is 0.68eV



【0030】次に、光照射を停止した後、図6(b)に示すように、第二のバリアメタル膜20の上にCVD法により銅を成長すると、第二のバリアメタル膜20のうち核22が存在するビアホール10の底の領域と第四の絶縁膜18の上方の領域で銅の成長速度が速くなる一方、ビアホール10の内周面の上では銅の成長速度が遅くなる。従って、銅の成長過程では、図6(b)の破線に示すように銅膜23が成長するために、ビアホール10のアスペクト比は実質的に小さくなって、ビアホール10内で形成された銅膜23にはボイドが発生しない。

【0031】その銅膜23の成長条件は、基板温度を185℃とし、成長雰囲気圧力を50 mTorr、銅成長ガスとして上記した商品名キュブラセレクトを気化したガスを使用する。なお、商品名キュブラセレクトの気化温度は60℃以上であり、160℃以上になると分解し、銅形成されてしまう。第二のバリアメタル膜20の表面洗浄から銅膜23の成長までは、以上のように同じ場所(in-situ)で処理するのが好ましい。

【0032】次に、図7に示すように、第四の絶縁膜18の上に存在する銅膜23と第二のバリアメタル膜20

を化学機械研磨(CMP)法によって除去する。そして、ビアホール19内に残った銅膜23をビアとして使用する。なお、図3(b)に示すように、ビアホール19の内部に第二のバリアメタル膜20を成長する前に、バリアメタル膜20を構成する材料からなる核20aをビアホール19の底の領域に成長すると、ビアホール19の底でのバリアメタル膜20の成長がし易くなる。

【0033】なお、銅膜23の成長は電解メッキ法を用いて行なってもよく、この場合でも核22の存在によって銅膜23が成長しやすくなる。

(第2の実施の形態)上記した第1の実施の形態では、ビアを形成する工程について説明したが、本実施の形態では、デュアルダマシン法により配線とビアを同時に形成する方法について図8、図9に基づいて説明する。なお、図8、図9において、図3と同じ符号は、同じ要素を示している。

【0034】まず、図8(a)に示すような状態になるまでの工程を説明する。シリコン基板11の上には、第一の絶縁膜12、第二の絶縁膜13が順に形成され、第二の絶縁膜13には第一の配線15が埋め込まれている。

この状態で第二の絶縁膜13と第一の配線15の上に、有機材料よりなる第三の絶縁膜30、 SiO_2 よりなる第四の絶縁膜31、有機材料よりなる第五の絶縁膜32、 SiO_2 よりなる第六の絶縁膜33をCVDにより順に形成した後に、これらの絶縁膜30～33をフォトリソグラフィ法によりパターンニングして、第六の絶縁膜33から第一の配線15に達する第一のビアホール34を形成するとともに第六の絶縁膜33と第五の絶縁膜32に配線溝36を形成し、その直下に第二のビアホール35を形成する。

【0035】このような状態で、第1の実施の形態と同様な方法により、第一のビアホール34の内面と第二のビアホール35の内面と配線用溝36の内面と第六の絶縁膜33の上面に沿って第二のバリアメタル膜37を形成する。第二のバリアメタルを構成する材料は、第一の実施形態と同様に、タンタル又は窒化タンタルなどから構成する。

【0036】次に、図8(b)に示すように、シリコン基板11を25℃以上で加熱しながら銅を形成するためのソースガスを第一及び第二のビアホール34、35と配線用溝36に供給する。その状態で、図8(b)に示すように、KrFレーザを基板に垂直な方向で第二のバリアメタル膜37の上に照射すると、銅よりなる核38が第一及び第二のビアホール34、35の底の領域と第六の絶縁膜33の上の領域にある第二のバリアメタル膜37の上に形成する。

【0037】続いて、図9(a)に示すように、銅成長用のソースガスを用いてCVD法により第二のバリアメタル膜37の上に銅膜39を形成する。この銅膜39は、核38の多い領域では成長速度が高い一方、核38のあまり存在しない領域では成長速度が低くなる。したがって、図9(a)の一点鎖線で示すように、銅の成長過程では、第一及び第二のビアホール34、35の底の領域と第六の絶縁膜33の上の領域では、第二のバリアメタル膜37の表面で厚く成長するので、実質的に第一及び第二のビアホール34、35のアスペクト比が小さくなって銅膜39が第一及び第二のビアホール34、35と配線用溝36内に埋め込み易くなる。

【0038】このようにして成長した銅膜39のうち第六の絶縁膜33の上の部分は化学機械研磨法によって除去され、第一のビアホール34に残った銅膜39はビア41として使用され、第二のビアホール35に残った銅膜39は第二のビア42として使用され、さらに、配線用溝36内に残った銅膜39は第二の配線40として使用される。

(その他の実施の形態) 第1及び第2の実施の形態で説明した核22、38や銅膜23、39を形成するためにソースガスとして、上記したもの他に、例えば $\text{Cu}(\text{HF A}) + \text{H}_2$ 、 $\text{CpCuCp}(\text{C}_6\text{H}_5)_2 + \text{H}_2$ 、 $\text{Cu}(\text{FOD})_2 + \text{H}_2$ 又は $\text{Cu}(\text{DP M})_2 + \text{H}_2$ があり、そのいずれかを上記した銅成長用ガス

の代わりに用いてもよい。

【0039】また、ビアや配線となる導電材は、特に銅に限定されるものではなく、窒化チタン(TiN)、窒化タングステン(WN)、窒化タンタル(TaN)、アルミニウム(Al)、モリブデン(Mo)、窒化モリブデン(MoN)などであってもよい。この場合、窒化チタンを成長するためのソースガスとして、 TiCl_4 と NH_3 の混合ガス、TDMA T ($\text{Ti}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_4$)、 $\text{C}_5\text{H}_5\text{Ti}(\text{N}_2)_2$ などがある。これらのガスは、TiNよりなる核を成長する際にも使用し、基板を加熱しながら光を照射することによって核を成長することになる。

【0040】また、窒化タングステンを成長するためのソースガスとして、 WF_6 と H_2 の混合ガス、 WF_6 と H_2 と SiH_4 の混合ガスがある。これらのガスは、WNよりなる核を成長する際にも使用し、基板を加熱しながら光を照射することによって核を成長することになる。窒化タンタルを成長するためのソースガスとして、 TaCl_5 と SiH_4Cl_2 と H_2 の混合ガス、 TaCl_5 と SiH_4 と H_2 の混合ガス、 TaCl_5 と SiH_4 と H_2 と HCl と Ar の混合ガスがある。これらのガスは、TaNよりなる核を成長する際にも使用し、基板を加熱しながら光を第二のバリアメタル膜20に照射することによって核を成長することになる。

【0041】アルミニウムを成長するためのソースガスとして、DMAH ($\text{AlH}(\text{CH}_3)_2$) と H_2 の混合ガス、 $\text{AlNH}_3(\text{CH}_3)_3$ 、 $\text{Al}_2(\text{CH}_3)_6$ 、 $\text{Al}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ 、 AlCl_3 と H_2 の混合ガスなどがある。これらのガスは、Alよりなる核を成長する際にも使用し、基板を加熱しながら光を第二のバリアメタル膜20に照射することによって核を成長することになる。

【0042】モリブデンを成長するためのソースガスとして MoF_6 と H_2 の混合ガス、 $\text{Mo}(\text{CO})_6$ 、 MoCl_5 と H_2 の混合ガスなどがある。これらのガスは、Moよりなる核を成長する際にも使用し、基板を加熱しながら光を第二のバリアメタル膜20に照射することによって核を成長することになる。窒化モリブデンを成長するためのソースガスとして、 MoF_6 とジメチルヒドラジンと H_2 の混合ガス、 $\text{Mo}(\text{Co})_6$ 、 MoCl_5 と H_2 の混合ガスがある。これらのガスは、MoNよりなる成長核を成長する際にも使用し、基板を加熱しながら光を第二のバリアメタル膜20に照射することによって核を成長することになる。

【0043】上記したTiN、WN、TaN、Al、Mo又はMoNを成長するための上記したソースガスは、第二のバリアメタル膜20の表面をクリーニングするために用いてもよく、この場合には、ソースガスを第二のバリアメタル膜20の表面クリーニングに使用した後に、同じソースガスを使用して第二のバリアメタル膜20の表面に核を成長し、さらに、同じソースガスを使用してコンタクトホール19の底の領域及び第四の絶縁膜18の上の領域に存在する第二のバリアメタル膜20の上で成長速度の速い導電膜を形成することになる。

【0044】なお、表面クリーニングは、それらのソースガスを使用するのではなく、例えば基板にバイアスを印加しながら第二のバリアメタル膜20を水素高密度プラズマに曝して行なってもよいし、或いは水素ダウンフロープラズマに第二のバリアメタル膜20を曝することによって行なってもよい。ソースガスを選択して核を成長させるためには、ソースガスの活性化エネルギーを予め調査し、照射光の波長と基板温度のエネルギーがその活性化エネルギーに等しくなるように調整して、光だけで活性化エネルギーを与えないことが必要となる。

【0045】なお、照射光は進行方向が揃ったもので、単一集は数あるいは波長の特定期間である数種類の光を基板面に対して垂直に照射するのが好ましい。ピア又は配線となる導電膜の材料としては、上記した銅の他に、タンタル、ゲルマニウム、窒化ゲルマニウム、ルテニウム、窒化ルテニウム、銅合金（例えばCu₃Sn、CuCr）などをあがる。

【0046】また、上記した実施形態では、ピア、配線を形成する場合について説明したが、例えば溝の中にキャパシタを形成するような場合には、絶縁膜の開口に蓄積電極を形成し、その上に誘電体膜を形成した後に、その誘電体膜を加熱しながらソースガスを誘電体膜に供給してその表面に光を照射すると、開口の底部で成長核が形成される。光の照射方向は基板面に垂直な方向である。その後、開口内の誘電体膜上に対向電極を形成すると、開口の底での対向電極の成長速度が速いので、開口部の中でボイドが発生することなしに対向電極が形成される。その誘電体膜は、例えば誘電率が8〜600の誘電体材料、例えばTa₂O₅、PZT、BST、タンタル酸ストロンチウムピスマス等から形成される。

【0047】さらに、上記した実施形態では、ピアホール内に銅膜を埋め込むことについて説明したが、半導体基板（シリコン基板、GaAs基板、InP基板など）を覆う絶縁膜にコンタクトホールを形成し、その中に銅膜を埋め込む場合にも同様に適用できる。さらに、上記した核成長とその後の金属膜成長は、半導体装置の開口のみならず、プリント基板、液晶表示装置、プラズマディスプレイ、MCM（multi chipmodule）などにおける絶縁膜の開口を金属で埋める場合にも適用できる。

【0048】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、絶縁膜に形成された開口を金属種ソースガスの雰囲気中にさらしながら、その開口内を所定の温度に設定し且つ開口の底と前記絶縁膜の上に光を照射することにより、開口の底と絶縁膜の上に金属の核を生成し、その後、気相成長法によって開口内に金属膜を成長するようにしているので、開口のアスペクト比が大きい場合であっても、核が存在する開口の底部での金属膜の成長速度が従来よりも高くなるので、その金属膜の成長の最中では、開口の底部での金属膜が厚くなって実質的な開口のアスペク

ト比を徐々に小さくすることができるので、開口内の金属膜内でのボイドの発生を防止できる。

【0049】また、開口の底部と絶縁膜の上に形成される核によって金属膜とその下の膜との密着性を向上させることができ、半導体製造装置のプロセスインテグレーションがし易くなる。さらに、核の存在によって金属膜が成長し易くなり、インキュベーション時間を短くすることができ、これにより、金属膜の成長プロセスの再現性を向上することができる。

- 10 【0050】その開口に金属膜を形成する前に、開口の内面と絶縁膜上にバリアメタルを形成することがあり、この場合には、開口の底部に存在するバリアメタルの上と絶縁膜上に存在するバリアメタルの上に核を成長させることになる。バリアメタルを気相成長法により成長する場合には、その表面に有機汚染物が付着したり、その表面に凹凸が生じることがあるので、このような場合には、金属種ソースガスを低温状態で開口内に供給することによって、バリアメタル上の汚染物を低減したり、バリアメタルの表面の平坦性を向上することができる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、従来のピア形成の工程を示す断面図である。

【図2】図2(a)は、従来方法により形成されたピアにボイドが発生した状態を示す断面図、図2(b)は、従来方法によりピアホール内に導電膜を埋め込む際の導電膜の成長開始時間と導電膜の膜厚との関係を示す図である。

【図3】図3(a),(b)は、本発明の第1の実施の形態に係るピアの形成方法を示す断面図（その1）である。

- 30 【図4】図4(a),(b)は、本発明の第1の実施の形態に係るピアの形成方法を示す断面図（その2）である。

【図5】図5(a),(b)は、本発明の第1の実施の形態に係るピアの形成方法を示す断面図（その3）である。

【図6】図6(a),(b)は、本発明の第1の実施の形態に係るピアの形成方法を示す断面図（その4）である。

【図7】図7は、本発明の第1の実施の形態に係るピアの形成方法を示す断面図（その5）である。

【図8】図8(a),(b)は、本発明の第2の実施の形態に係るピアの形成方法を示す断面図（その1）である。

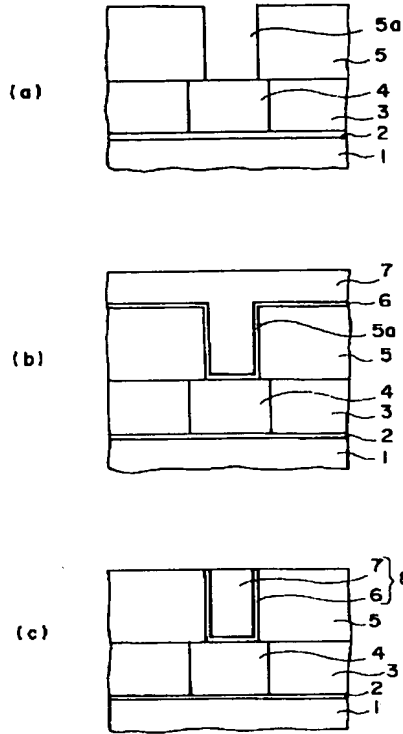
- 40 【図9】図9(a),(b)は、本発明の第2の実施の形態に係るピアの形成方法を示す断面図（その2）である。

【符号の説明】

10…レジスト、11…シリコン基板、12、13、17、18…絶縁膜、14…第一のバリアメタル膜、15…銅膜（第一の配線）、19…ピアホール、20…第二のバリアメタル膜、21…有機生成物、22…核、23…銅膜、24…ピア、30、31、32、33…絶縁膜、34、35…ピアホール、36…配線用溝、37…第二のバリアメタル膜、38…核、39…銅膜、40…第二の配線、41、42…ピア。

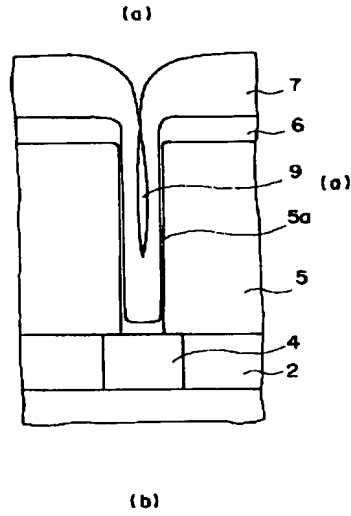
【図1】

(従来技術)



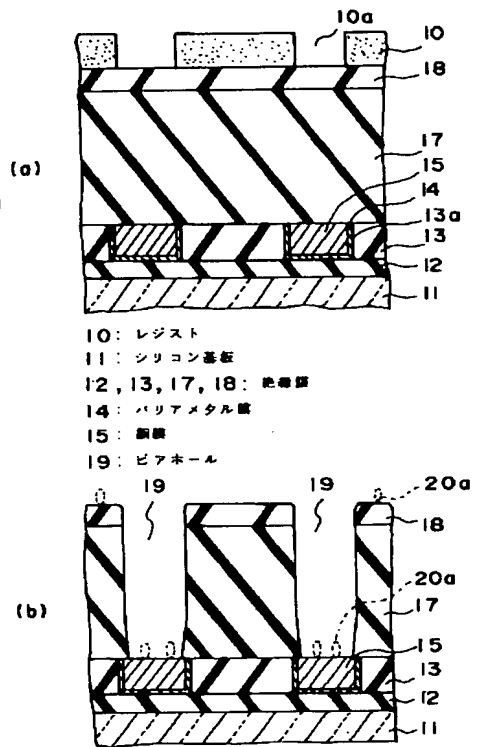
【図2】

(従来技術)



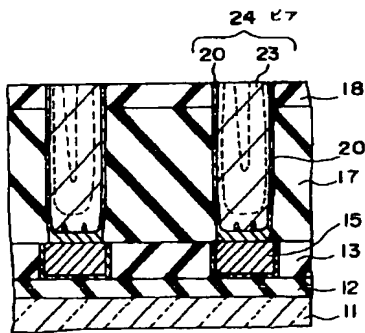
【図3】

本発明の第1実施形態を示す断面図 (その1)



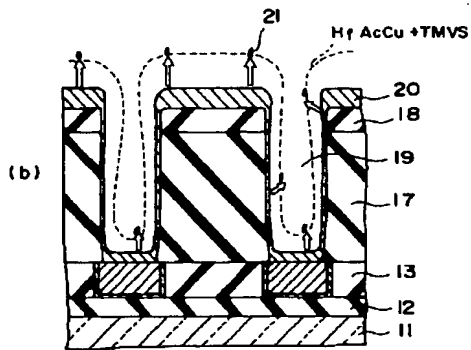
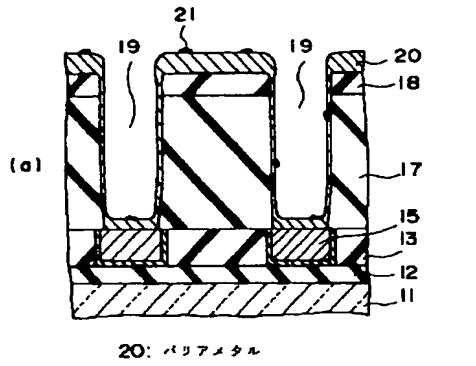
【図7】

本発明の第1実施形態を示す断面図 (その5)



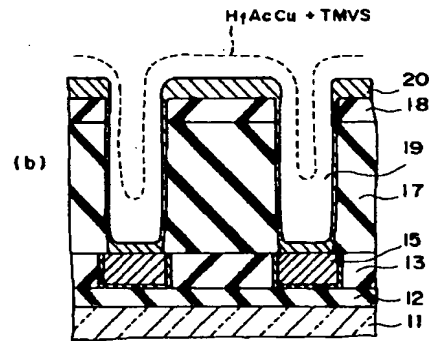
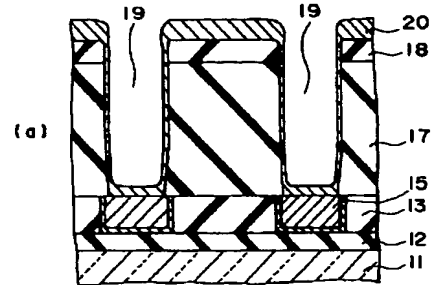
【図4】

本発明の第1実施形態を示す断面図（その2）



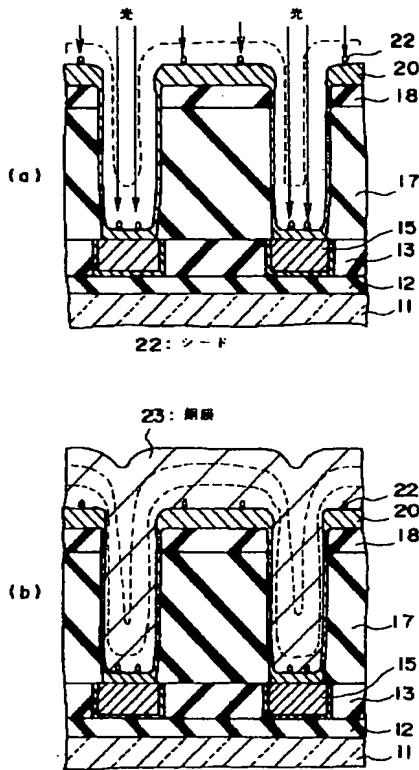
【図5】

本発明の第1実施形態を示す断面図（その3）



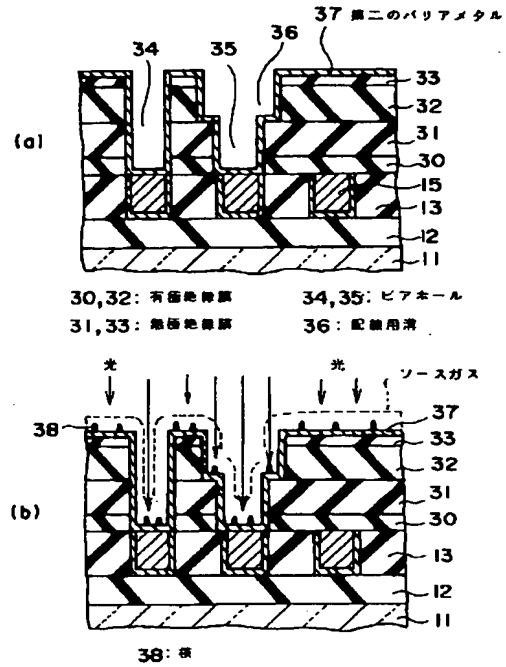
【図6】

本発明の第1実施形態を示す断面図（その4）



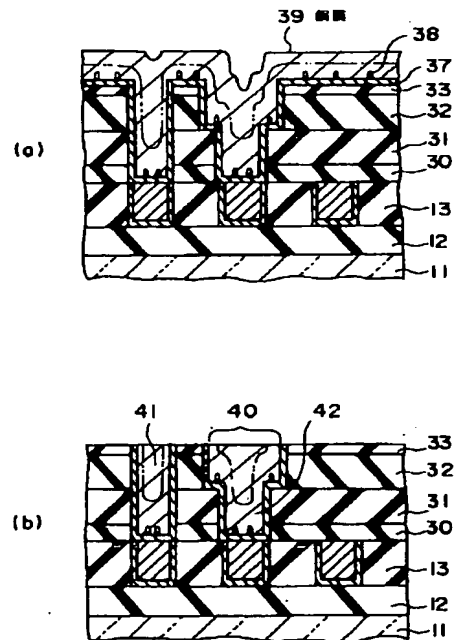
【図8】

本発明の第2実施形態を示す断面図（その1）



【図9】

本発明の第2実施形態を示す断面図（その2）



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M104 AA01 BB30 BB32 BB33 CC01
DD22 DD43 EE15 EE18 FF18
FF22 HH09 HH13 HH14
5F033 AA02 AA09 AA29 AA64 BA01
BA11 BA12 BA17 BA25 DA04
DA15 DA23 EA23 EA29

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.